

הערכת עמדת עבודה על פי מאפיינים ארגונומיים

מאת מהנדס עידו מורג

אפילו שינוי קטן בעמדות העבודה, כמו לדוגמה - שינוי זווית ההצבה של מישטח כדור עקיבה - יכול לשפר בצורה משמעותית את תחושות הנוחות של המשתמשים בעמדה



איור 1: עמדת עבודה תקנית באולם הייצור. טכנאי הייצור עומד מול התחנה ומפעיל את מכונות הייצור ו/או מנהל את שינוע חומר הגלם באמצעות שימוש במקלדת ובכדור עקיבה

מימצאי מחקרים, שהתפרסמו בספרות, ואשר בחנו את ההשפעה של השימוש בכדור עקיבה ובעכבר על תנוחת שורש כף היד, מראים שהרחבת השימוש בהתקנים הללו עלול להוביל לתנוחה לא נייטרלית של שורש כף היד וממנה - לאי נוחות ואף לכאבים. החוקרים הגדירו 4 סוגי תנוחות לא נייטרליות של פרק כף היד (איור 2):

- מתיחה לפי מעלה;
- כפיפה כלפי מטה;
- הטיית פרק כף היד לכיוון הזרת;
- הטיית פרק כף היד לכיוון האגודל.

העבודה נשענים על מיפרק כף היד במהלך השימוש בהתקן, וגם מטים את מיפרק שורש כף היד בזוויות היוצרות עומס פיזי על הגוף.

תוצאות המחקר הובילו להחלטה לשנות את זווית מישטח כדור העקיבה בעמדות העבודה על רצפת הייצור. השינוי הוטמע גם במיפרטי עמדת העבודה, לצורך תכנונים עתידיים במפעלי 'אינטל' ברחבי העולם.

הבסיס לביצוע המחקר

בספרות המקצועית מציינים כי עבודה המאופיינת בחזרתיות, תוך שימוש בתנוחת גוף לא נייטרלית לאורך זמן, יוצרת עומס מכני על מערכת ה"שלד-שריר".

העומס הזה עלול לחשוף את העובדים לסיכונים ארגונומיים, אשר עלולים לגרום לפגיעה ברקמות החלשות ולמחלות המסווגות כ"מחלות שריר-שלד" (MSD - Musculoskeletal Disorders). מחלות אלה מופיעות, על פי רוב, בעצבים, בגידים ובשרירים של הגפיים העליונות אצל עובדים אשר מבצעים עבודות תוך שימוש מוגבר בידיים. פגיעות הקשורות ב-MSD כוללות, לדוגמה: כאבי שרירים (myalgia), דלקות גידים (tendonitis) ותסמונת שורש כף-היד (Carpel Tunnel Syndrome - CTS).

במפעל הייצור של 'אינטל' בקרית-גת נערך מחקר ארגונומי בתחנות העבודה שבאולם הייצור. הנחת הבסיס למחקר היתה שמיקומו הנוכחי של כדור העקיבה (תחליף לעכבר מחשב¹) יוצר עומס פיזי על פלג הגוף העליון, מצב אשר עלול לגרום לתחושות אי נוחות ו/או לכאבים בשורש כף היד, במיוחד במהלך עבודה ממושכת.



כדור העקיבה הוא התקן להזנת נתונים למערכת המחשב בהצבעה על אובייקטים גרפיים שעל הצג, באמצעות גלגול כדור המותקן בתוך תושבת

הטכנאים בעמדות העבודה דיווחו על תחושות אי נוחות בעבודה עם כדור העקיבה. התברר שרוב הטכנאים בעמדות

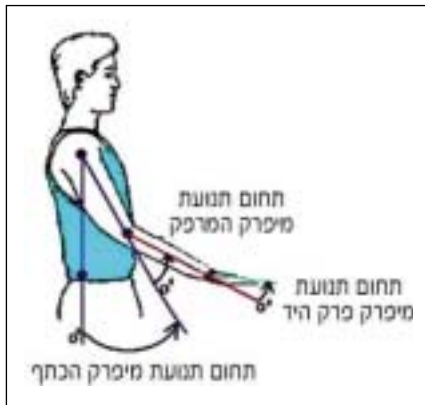
הכותב כיהן כמהנדס ארגונומיה במפעל 'אינטל' בקרית-גת

1. במפעלי אינטל ברחבי העולם, יש בשנים האחרונות מגמה ברורה של הגדלת השימוש בכדור העקיבה לצורך הזנת נתונים לעומת השימוש במקלדת. הסיבה למגמה זו היא הגידול בשימוש בסביבת תוכנת ההפעלה 'חלונות' ותוכנות גרפיות דומות.



איור 2: 4 תנוחות לא נייטרליות של מיפרק שורש כף היד

הנחשבת כתנוחת העבודה האופטימלית, מבחינת העומס (המיזערי) על מערכת השלד-שריר.



איור 4: תחום תנועת מיפרקי פלג הגוף העליון שאותו בחן המחקר

- תוצאות השלב הראשון הראו כי:
- חזרתיות** - במחקר נמצאה חזרתיות של 40 פעמים בשעה, לעומת 120 פעמים שהוגדרו על פי המודל. לפיכך: החזרתיות לא מהווה גורם סיכון ארגונומי עבור טכנאי הייצור;
 - לחץ מכני** - הלחץ המכני שהופעל על שורש כף היד הוא שווה ערך ללחץ הנגדי כתוצאה ממשקלה של כף היד המפעילה את כדור העקיבה. הלחץ הזה הוא שולי, ולכן איננו מהווה סיכון ארגונומי עבור הטכנאים;
 - כוח עודף** - לא נמדד הכוח שהופעל על ידי האצבעות במהלך ההקלדה על כפתורי כדור העקיבה. ניתן להניח כי הכוח לא היה גדול מזה הדרוש כדי להקליד על מקלדת (0.5 ניוטון), שאיננו משמעותי, בהשוואה לעוצמה של 8.8 ניוטון - המוגדרת כסיכון לעובד. לפיכך: הפעלת כוח בשימוש בכדור עקיבה, לא מהווה עבור הטכנאים סיכון ארגונומי;
 - תנוחת גוף** - התוצאות הראו כי 62% מהטכנאים שנכללו במידגם הפעילו את כדור העקיבה על ידי הטיית פרק כף היד, המרפק או הכתף בזווית גדולה מ-30° כלומר, הם עבדו לאורך זמן בתנוחת גוף לא נייטרלית. המימצא הזה מראה שחלק ניכר מאוכלוסיית הטכנאים אכן נחשפים, עקב הרגלי העבודה שלהם, לסיכון ארגונומי במהלך הפעלת כדור העקיבה בעמדת העבודה. ניתוח הנתונים הצביע על התאמה בין עוצמת תחושות אי-הנוחות במיפרק שורש כף היד לבין משך השימוש בהתקנים בעמדת העבודה, ובמיוחד בתנוחת שבהן היה שימוש רב בכדור העקיבה.

המחקר - שלב שני

ההמלצות לשלב השני של המחקר נקבעו על פי התוצאות השלב הראשון:

הנחת היסוד בבחינת תנוחת המיפרקים היא שעבודה בתנוחה נייטרלית (היוצרת עומס מינימלי על מערכת השלד-שריר), מתקיימת כאשר המיפרק נמצא בתחום הטיה של 30° (איור 4). כל פעילות המאלצת את העובד לבצע עבודה "חזרתית" מחוץ לתחום הטיית המיפרק בזווית כזאת (30°) עלולה לחשוף את המיפרק לפגיעות ארגונומיות, כגון MSD.



איור 3: בחינת תנוחת מיפרקי פלג הגוף העליון של טכנאי הייצור, על בסיס תמונת הווידאו

שלב ראשון של המחקר - נתונים ותוצאות

- הנתונים, שנאספו בשלב הראשון של המחקר, נבדקו על פי מודל - שבחן גורמי סיכון ארגונומיים. בשלב הזה הוגדרו 4 גורמי סיכון פוטנציאליים לקיום הטראומה המצטברת (כאשר קיומו של גורם אחד בלבד מתוך ה-4 מספיק כדי להוכיח את קיום הסיכון). הגורמים הם:
- עבודה המוגדרת כ"חזרתית" (מבוצעת במחזורים של 30 שניות - 120 פעם בשעה), או כשהעובד מבצע תנועה זהה בפלג גופו העליון במשך יותר מ-50% של זמן העבודה הכולל;
 - לחץ מכני (פיזי) - בין הרקמות הרכות של הגוף לבין מכשיר קשיח בסביבת העבודה, או כאשר אברי הגוף משמשים כ"התקן" להקשה על/ דפיקה של וכו';
 - עודף כוח - המופעל כאשר נדרשת הרמה ו/או נשיאה של ציוד כבד, או בשימוש המצריך הפעלת כוח, כגון: שימוש בסכינים או במספרים. פעילות כזאת מגבירה את העומס הפיזי על השרירים;
 - תנוחת עבודה לא נייטרלית. ביצוע עבודה שלא בתנוחת גוף נייטרלית -

בנוסף, כוח האחיזה של כף היד בתנוחות הלא נייטרליות האלה קטן במידה משמעותית.

אולם הייצור ב'אינטל קרית-גת' מוגדר כ"חדר נקי" - בשל רמת הניקיון הגבוהה הנדרשת לייצור המיקרו-מעבדים. האולם כולל 900 תחנות עבודה תקינות שבהן נעשה שימוש בכדורי עקיבה. איסוף הנתונים במחקר כלל שימוש בתצפיות ובשאלונים, ששיקפו את אופן הפעילות של הטכנאים בתנוחת העבודה התקינות (איור 1).

1200 הטכנאים במפעל בקרית-גת מפעילים את מכונות הייצור באמצעות ההתקנים בתחנות העבודה במשך 9 שעות ביום, לפחות, במהלך המשמרת.

כדי לבדוק את טענות הטכנאים בנוגע לקשר בין עוצמת תחושת אי הנוחות בשורש פרק כף היד לבין שעות השימוש בכדור העקיבה שבעמדת העבודה - הוחלט לערוך מחקר שבו נבדקו ההשערות הבאות:

- האם השימוש בכדור עקיבה, במשך 9 שעות למשמרת, לאורך זמן, יוצר עומס פיזי מצטבר על פלג הגוף העליון ומוביל לתחושת אי נוחות ו/או לכאבים בעיקר במיפרק שורש כף היד;
- אם ההשערה הראשונה אכן נכונה - כיצד ניתן לשפר את המצב הנוכחי.

מהלך המחקר

המחקר כלל 2 שלבים:

- בשלב הראשון - נערכה תצפית על קבוצה של 20 טכנאים, ונבדק האם מתקיימים גורמי סיכון ארגונומיים במהלך עבודתם;
 - השלב השני - נועד לאמת את תוצאות השלב הראשון והתבצע על מידגם גדול יותר (62 טכנאים) לקראת ניסוח סופי של ההמלצות להמשך הפעילות. השלב הזה כלל 2 קבוצות (ביקורת וניסוי) בעלות מאפיינים דומים: גיל ממוצע - 28, גובה ממוצע - 177 ס"מ וניסיון של כ-13 חודשים בעבודה ב'אינטל'.
- המחקר על "רצפת הייצור" נמשך 18 שבועות: מדצמבר 2000 ועד אפריל 2001. נתוני המחקר נאספו בתצפיות, באמצעות מצלמת וידאו, באופן שלא הפריע לשיגרת העבודה של הטכנאים. תנוחות הגוף של העובדים שנקלטו במהלך העבודה במצלמת הווידאו, אופיינו בניתוח מאוחר יותר, בעזרת תוכנת מחשב. בשיטה זו היה ניתן לתצפת ולתעד את תנוחות הגוף של הטכנאים ללא צורך בסימון כלשהו של המיפרקים, או בהצמדת התקנים אלקטרוניים אליהם, שהיו עלולים להפריע לטכנאים בעבודתם. ניתוח התצפיות נעשה בעזרת תוכנה, הבוחנת עומסים ביו-מכניים על מערכת השלד-שריר, ותנוחת מיפרקי הכתף, המרפק ושורש כף היד בזמן הפעלת ההתקנים בעמדת העבודה (איור 3).

במסגרת השאלונים הציגו למשתתפים איור של גוף אדם, המחולק ל-12 אזורים/אברים. הטכנאים התבקשו לדרג את תחושות אי-הנוחות שחשו בחלקי הגוף השונים במהלך העבודה בתחנת העבודה, בתחילת התהליך ובסופו (שבועיים לאחר השינויים/ההדרכה).

ניתוח 2 השאלונים מאפשר להבין את השפעותיהם של השינויים שבוצעו במבנה עמדת העבודה על עוצמות תחושת אי-הנוחות בכל חלקי הגוף.



איור 5: שינוי זווית מישטח כדור העקיבה מ-15°(-) ל-24°(-); איור שמאלי: זווית המישטח 24°(-); איור ימני: זווית המישטח 15°(-); איור שמאלי: זווית המישטח 24°(-)

מסקנות

קבוצת הניסוי וקבוצת הביקורת היו בעלות מאפיינים דמוגרפיים דומים (גובה, גיל ומשך זמן ההעסקה ב'אינטל'). הסקנו כי כל הבדל שיתגלה בין שתי הקבוצות יהיה קשור לשינוי בזווית ההצבה של מישטח כדור העקיבה. מתוך השאלונים, שמילאו הטכנאים, ושהעידו על השינויים בתחושות אי הנוחות שלהם כתוצאה מהשינוי בעמדת העבודה, התברר כי השינוי בזווית ההצבה של כדור העקיבה הפחית את עוצמות תחושת אי הנוחות במיפרק שורש כף היד.

המחקר הראה כי הרמה הממוצעת של תחושות אי-הנוחות, שעליהן דיווחו הטכנאים, היתה נמוכה יותר בקבוצת הניסוי בהשוואה לקבוצת הביקורת. התברר שבקבוצת הניסוי נדרשה הטיה מעטה של מיפרק כף היד ואובחנה ירידה דרמטית בצורך של הטכנאים להישען על פרק כף היד בעמדות העבודה שבהן שונתה זווית ההצבה של כדור העקיבה ל-24°(-).

המחקר הוכיח שאפילו שינוי שולי, כמו זווית ההצבה של התקן כדור העקיבה, שיפר בצורה משמעותית את תחושות הנוחות של הטכנאים. תוצאות המחקר במפעל בקרית-גת נלמדו ושולבו במפעלי 'אינטל' ברחבי העולם. ■

עקב אילוצים של "רצפת הייצור" אומצו רק ההמלצות הראשונה (שינוי זווית המישטח) והרביעית (הדרכה לגבי הפעלה נכונה).

השלב השני של המחקר כלל מעקב אחרי 2 קבוצות של טכנאים ממחלקת הייצור:

- קבוצת ניסוי - שעבורה יישמו את המלצות השלב הראשון, אשר כללו שינוי זווית מישטח כדור העקיבה בעמדת העבודה והדרכת העובדים לעבודה נכונה;
- קבוצת ביקורת - שעבורה יישמו המלצות השלב הראשון רק באופן חלקי: הטכנאים המשיכו לעבוד בעמדת העבודה התקנית, כפי שהיתה לפני המחקר, אך קיבלו הדרכה לעבודה נכונה.

בנוסף, נאסף מידע סובייקטיבי, באמצעות 2 סוגי שאלונים שמילאו הטכנאים, מ-2 הקבוצות:

- שאלון ראשון נמסר למשתתפים כשבועיים לפני ביצוע השינוי בעמדת העבודה;
- השאלון השני נמסר כשבועיים לאחר השינויים.

ב-2 השאלונים המשתתפים התבקשו לדרג את תחושת אי-הנוחות הכוללת שלהם בטווח של 7 אפשרויות, המתחילות ב-"אני חש נוח מאוד" ומסתיימות ב-"אני חש מאוד לא נוח".

✓ יש לשנות את זווית מישטח כדור העקיבה מ-15°(-) ל-24°(-) שינוי כזה יאפשר את הפעלת הכדור תוך מתיחה קלה יותר של פרק כף היד, ובכך תתאפשר הפעלה שוטפת בתנוחה קרובה יותר לתנוחה הנייטרלית (איור 5);

✓ יש להציב את מישטח כדור העקיבה (המוצב כיום במקביל לקרקע) בזווית של 45° ימינה למישור, כדי לאפשר עבודה בתנוחה של "לחיצת יד" (יד ימין). ב"לחיצת יד" נמצאת כף היד בתנוחה קרובה יותר לתנוחה הנייטרלית, מאשר במצב שבו הכף מקבילה לקרקע;

✓ יש להגביה את עמדת העבודה לגובה של 109 ס"מ (הגובה כיום הוא 87 ס"מ), כדי לאפשר לטכנאים לעבוד בתנוחת גוף קרובה יותר לנייטרלית. הערכים האלה מתבססים על נתוני הגובה הממוצע של אוכלוסיית המידגם;

✓ יש להדריך את הטכנאים בנוגע לצורה הנכונה של הפעלת כדור העקיבה, בתנועה המתחילה במרפק ומאפשרת לשמור על מיפרק ישר של כף היד (ראו איור 5), ולא על ידי הנעת פרק כף היד עצמו.

יובל למוסד לבטיחות ולגיהות

קוראים יקרים ואנשי בטיחות:

בשנת העבודה 2004 יחוג המוסד לבטיחות ולגיהות 50 שנים לקיומו.

ברצוננו לציין את המועד באירועים מיוחדים, שיבטאו את פעילותו ופעולותיו של הארגון בקידום והטמעת נושאי הבטיחות והגיהות בעבודה.

ולכן:

- מי שברשותו חומר מצולם או מודפס הנוגע לפעילותו של המוסד, כגון: כרזות; בטאונים; תמונות וכו', מוזמן ליצור עמנו קשר.
- כל מי שמעוניין לכתוב חוויות מהעבר, סיפורים אישיים, ציוני דרך וכו' - הנוגעים לפעילותו של המוסד בעבר - מוזמן לעשות זאת.

נא להפנות את החומר אל: אנדרי מטיאס, מנהל מחלקת הוצאה לאור, המוסד לבטיחות ולגיהות, רח' מזא"ה 22 תל אביב, מיקוד: 61010 טל' 03-5266477 או 03-5266476 פקס': 03-6208232; דואר אלקטרוני: andre@osh.org.il